

植物根系を含む不攪乱試料を用いた大型一面せん断試験

(当時) 福井大学 学生会員 ○大倉 康平
 福井大学 正会員 寺崎 寛章
 前田工織株式会社 非会員 大西 崇太
 前田工織株式会社 正会員 大野 晃裕
 前田工織株式会社 正会員 辻 慎一朗

1. はじめに

植生工は造成したのり面に植生を繁茂させ、根系の土壌緊縛力により表層地盤を補強する工法である。そのため、根系が斜面の安定性に与える影響を定量評価することは効果的な植生工の開発に繋がると考えられる。しかしながら、斜面の安定性は植物根系のみならず、粒径や含水状態などの土質条件にも大きく左右されることから、一般的にその評価は困難であり、十分に定量評価されているとは言い難い。

植生によるせん断補強効果に着目した研究の中でも、草本植物によるせん断補強効果を評価した研究事例は少ない。例えば、宋ら¹⁾はせん断面における根の総断面積と最大せん断応力に正の相関があることを示した。また宗岡ら²⁾は10種類の草本植物の根系を含む土供試体の定圧一面せん断試験を実施し、粘着力および内部摩擦角が増大したことを報告している。しかしながら、これらの研究は特定条件下における植生を対象としており、他地点への応用を想定していない。また直径60mmの円柱カラムで生育した場合、例えば供試体内で根の折り返しが生じるなど、自然条件下における植物生育状況とは異なり、評価に影響を及ぼすことが予想される。

そこで本研究では、屋外で採取された根系を含む不攪乱試料を用いた大型一面せん断試験の方法を検討したので、その結果を報告する。

2. 大型一面せん断試験

根系を含む不攪乱試料を用いる場合、通常的一面せん断試験の供試体(直径60mm×高さ20mm)では粗粒分や一部の植物根系の影響を受けやすい。そこで本研究では地盤工学会基準の圧密定圧一面せん断試験(JGS0561)に準じて、図-1に示すような摩擦引抜き抵抗せん断試験機を用いて大型一面せん断試験を実施した。試験に際して、不攪乱試料を効率良く採取でき、かつ試料が過大にならないように予めせん断箱内に型枠を設け、せん断用試料のサイズを通常の約11.3倍(直径130mm×高さ48mm)に調整した。せん断箱同士の摩擦については型枠間に丸棒(直径1.6mm)を配置することで緩和した。さらに型枠および丸棒のみを配置した状態でせん断試験機を動作させ、最大せん断力($S_0 = 2.0 \text{ N}$)を計測し、本試験の計測値から S_0 を差し引いた値を本試験におけるせん断応力 $\tau(\text{kN/m}^2)$ とした。垂直応力は、概ね地表面から50cmの土被り圧に相当する 10 kN/m^2 とした。せん断速度は 1 mm/min とし、圧密非排水条件

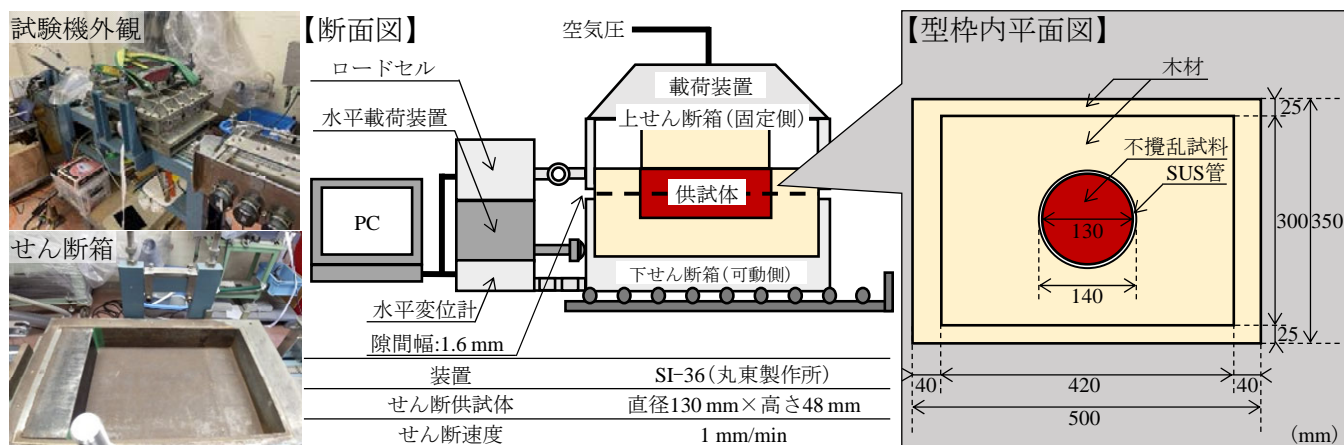


図-1 大型一面せん断試験機概要

キーワード：根系、のり面緑化、草本植物、大型一面せん断試験、せん断強度

連絡先：〒910-8507 福井市文京 3-9-1 福井大学工学部建築・都市環境工学科 環境水工学研究室 TEL0776-27-8595

のせん断試験方法に近似した³⁾。なお、本試験方法により事前に豊浦標準砂(相対密度 $D_r = 80\%$)の内部摩擦角を求め、型枠を用いない試験(供試体:幅 500 mm×奥行 300 mm×高さ 200 mm)および標準的な一面せん断試験により求めた内部摩擦角と比較した。

不攪乱試料を採取するため、事前に地上部の植生を回収した地点に、内面にグリスを塗布した2本のSUS管を鉛直方向に連続して挿入した。次にSUS管の下部に鋼板を挿入して試料下部をカットし、不攪乱試料を採取した。なお、試料採取と同時に湿潤密度 ρ_t (g/cm³)を、試験終了後に含水比 w (%)をそれぞれ計測した。また地上部の茎葉部および地中の根は70°Cで48時間乾燥させて乾物質量(L_d (g)および R_d (g))を計測した。

3. 大型一面せん断試験結果

図-2は豊浦標準砂を用いた試験結果を示す。内部摩擦角 ϕ (°)は34.8°となり、型枠を用いない場合と概ね同じ値(33.6°)になったことから、本試験条件では型枠の影響は少ないと考えられる。一方、本試験結果は標準的な一面せん断試験の結果得られた ϕ (39.3°)と比較して4.5°小さく、本試験方法では垂直応力 σ (kN/m²)がせん断面に均等に作用していなかった可能性が考えられ、今後は試験機の σ の載荷方法を再検討する。

表-1は採取した試料の物性値を示す。地上部の植生が無かった試料(A)の ρ_t は植生があった試料(B)のそれと概ね同じ値(1.57 g/cm³)であったが、Aの w の方がBのそれよりも4.7%低かった。またAは地上部に植生が無いものの、僅かに根を含有しており($L_d = 0$ g, $R_d = 0.54$ g)、地中で周辺から伸長した根が混入したと推察される。一方、Bの R_d はAのそれよりも約2倍大きかった。

図-3は不攪乱試料のせん断試験結果および試験後の試料の断面写真を示す。せん断変位 δ (mm)が0~3 mmまでの間の τ はA、Bともに等しく増加したが、その後のAの τ の増加率はBより早く鈍化した。AおよびBの最大せん断応力 τ_{max} (kN/m²)は δ が19.3 mm および17.3 mmの時に最大となり、Bの τ_{max} はAのそれと比較して1.89 kN/m²大きく、根系による τ_{max} の増大が見られた。また試験直後のAおよびBのせん断面を観察すると、Aのせん断面では目視により計測できる根は5本であったが、Bでは約30本の根に加え、計測し難い細根が多数見られた。さらに、せん断面の根には破断した形跡が見られなかったことから、根の引張強度が引抜き抵抗を上回ったことが確認された。

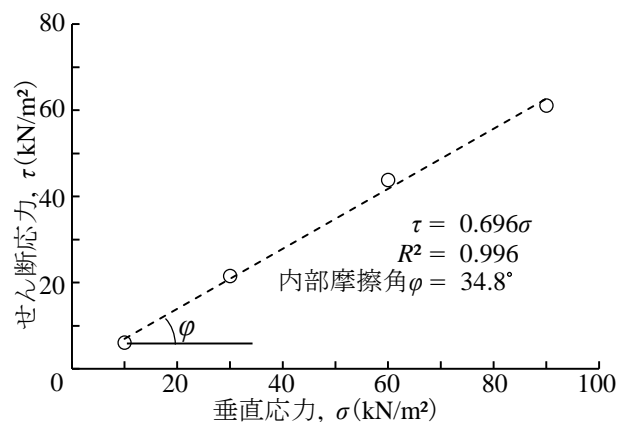


図-2 豊浦標準砂を用いた大型一面せん断試験結果

表-1 不攪乱試料の物性値

試料	ρ_t (g/cm ³)	w (%)	L_d (g)	R_d (g)
A	1.57	24.0	0.00	0.54
B	1.54	28.7	0.39	1.19

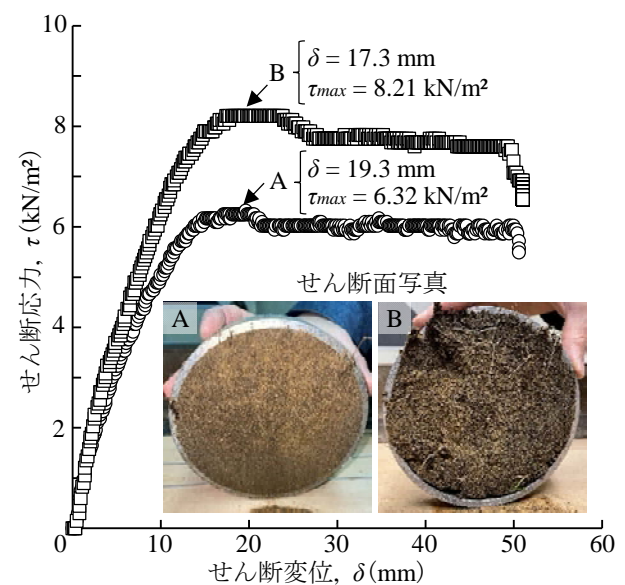


図-3 不攪乱試料を用いた大型一面せん断試験結果

4. おわりに

本研究では根系を含む不攪乱試料を用いた大型一面せん断試験の方法を検討した。その結果、本試験方法により不攪乱試料のせん断応力を評価でき、不攪乱試料中の根系によるせん断補強効果が確認された。今後は根量や土質条件など種々の条件がせん断応力に与える影響を調べ、設計に反映させることを目指す。

謝辞

本研究は公益財団法人前田工織財団からの研究助成を受けて行われた。ここに深甚の謝意を表す。

参考文献

- 1) 宋ら：ケンタッキーブルーグラス (*Poa pratensis* L.)の根系が細粒土のせん断強度に与える影響，日本緑化工学会誌，44 (1)，15-20，2018。
- 2) 宗岡ら：10種類の草本植物の根系を含む土供試体のせん断特性，日本緑化工学会誌，44 (1)，9-14，2018。
- 3) 土質試験-基本と手引き-，丸善出版(株)，121-134，2010。